جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارهٔ سی و پنجم، پاییز ۱۳۹۹

صص ۷۷- ۵۷

DOI: https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2020.66963.0

مقاله پژوهشی

ارزیابی تکتونیک فعال در حوضه‌های حبله‌رود و کردان بر اساس شاخص‌های ژئومورفیک

مهران مقصودی[۱]- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، نویسنده مسئول

منصور جعفربگلو- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

رضا جعفری- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۳/۱٤ تاریخ بازنگری : ۱۳۹۹/۸/۸ تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۹/۱۹

چکیده

مطالعه تکتونیک فعال به لحاظ ارزیابی زمین‌لرزه در نقاط مختلف اهمیت دارد. این حرکات تأثیرات زیادی بر کره زمین دارد و هر کدام از این تأثیرات به نحوی در پیرامون ما قابل مشاهده هستند. هدف این پژوهش تحلیل و مقایسه فعالیت‌های تکتونیکی حوضه‌های حبله رود و کردان است. در این تحقیق علاوه بر روش‌های میدانی از تصاویر DEM 10m، تصاویر ماهواره‌ای Landsat و همچنین از نرم‌افزارهای Arc GIS، Global Mapper13 جهت ترسیم نقشه‌ها و تحلیل آن‌ها استفاده گردید. شاخص‌های مورد استفاده در این پژوهش، شاخص ضریب مخروط گرایی FCI، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن Vf، شکل حوضه زهکشی Bs، سینوزیته جبهه کوهستان Smf ، تقارن توپوگرافی معکوس حوضه T، تقارن حوضه زهکشی یا قرینگی حوضه Af، سینوزیته یا پیچ وخم کانال رودخانه S و درنهایت شاخص IAT یا نسبت فعالیت‌های تکتونیکی است. IAT شاخصی است که می‌توان بر اساس آن نتیجه کلی فعالیت تکتونیکی را با میانگین‌گیری از شاخص‌های ذکر شده، در یک منطقه تکتونیکی اندازه گرفت. مقدار این شاخص برای حوضه حبله‌رود و کردان محاسبه شد. نتایج حاصل از این شاخص نشان می‌دهد که حوضه کردان در کلاس ۱ و حوضه حبله‌رود در کلاس ۲ قرار دارد. طبق طبقه‌بندی از شاخص IAT می‌توان گفت که هر دو منطقه از نظر تکتونیکی فعال هستند ولی میزان فعالیت‌های تکتونیکی در حوضه کردان نسبت به حوضه حبله رود بیشتر است.

کلیدواژه‌ها: تکتونیک فعال، شاخص‌های ژئومورفیک، حوضه حبله‌رود و کردان.

۱ نویسنده مسئول ۰۹۱۲۳۹۰٦۰۱۹ Email: maghsoud@ut.ac.ir

۱. مقدمه

سطح زمین متشکل از عارضه‌ها و اشکال مختلفی است که این اشکال دائماً در حال تغییر و تحول می‌باشند. در تغییر و تحول شکل زمین دو دسته عوامل بیرونی و درونی نقش دارند. عوامل درونی سبب شکل‌گیری ساختار اولیه و عوامل بیرونی سبب فرسایش، تغییر شکل و تخریب این اشکال می‌گردد که تحت تأثیر این فعالیت‌ها اشکال گوناگون ژئومورفولوژیکی به وجود می‌آیند (روستایی و همکاران،۱۳۸۸). خیام و همکاران(۱۳۸۲)، به ارزیابی عملکرد فعالیت‌های تکتونیکی بر مورفولوژی مخروط‌افکنه‌های دامنهٔ شمالی میشوداغ پرداختند و به این نتیجه رسیدند که فعالیت‌های تکتونیکی از طریق به وجود آوردن مخروط‌افکنه‌های چند بخشی و تودرتو (تلسکوپی) مهم‌ترین نقش را در پراکندگی، تکامل و مورفولوژی این منطقه ایفا کرده است. پورکرمانی و همکاران (۱۳۸۲)، پدیده‌های ژئومورفولوژیکی گسل تبریز را مورد مطالعه قرار داده و عامل ایجاد پدیده‌های موجود از قبیل اختلاف و ایجاد پرتگاه گسلی، درهٔ گسلی، چشمه‌های گسلی و...را گسل تبریز می‌دانند. مختاری و همکاران (۱۳۸٦)، اشکال مختلف مخروط‌افکنه‌ای در اطراف تودهٔ کوهستانی میشوداغ را بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که فعالیت‌های تکتونیکی در کنترل سازوکارهای مؤثر در مورفولوژی و مورفومتری سیستم‌های مخروط‌افکنه‌ای منطقه، نقشی دوگانه را ایفا می‌کنند. همچنین تحقیقات ارزشمندی توسط واکر[۱] و همکاران (۲۰۱۰)، سونگ و چن[۲] (۲۰۰۸)، کاسنر و گلوکن[۳] (۲۰۰۹)، بول[٤] (۲۰۰۹)، کلر و پیتر[۵] (۲۰۰۱)، دلایکو[٦] و همکاران (۲۰۰٦) انجام گرفته است.

مقصودی (۱۳۸۷)، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، نرم‌افزارهای رایانه‌ای و بازدید میدانی به بررسی عوامل مؤثر در تحول ژئومورفولوژی مخروط افکنه جاجرود پرداخت و به این نتیجه رسید که تحول این مخروط افکنه حاصل عملکرد عوامل طبیعی شامل تغییرات آب‌وهوایی، حرکات تکتونیکی و تغییر سطح اساس (در درازمدت) و عوامل انسانی (در کوتاه‌مدت) بوده است. حاجی‌آبادی و همکاران (۱۳۸۷) ارتباط ناپایداری سطوح مخروط افکنه‌ای و عوامل انسانی در دامنه‌های جنوبی بینالود را با استفاده از روش تحلیلی مبتنی بر مقایسهٔ تطبیقی مطالعه کرده و به بررسی ناپایداری سطوح مخروط افکنهٔ بوژان و مقایسه کاربری زمین و واحدهای مسکونی طی دو دههٔ گذشته پرداخته و درنهایت اثرات ناشی از ناپایداری سطوح مخروط افکنه‌ای را بررسی نمودند. مقصودی و کامرانی (۱۳۸۷) با بررسی ارزیابی نقش تکتونیک فعال در تنظیم کانال رودخانه‌ها، به این نتیجه رسیدند که تکتونیک عامل تغییر مسیر ناگهانی در دوره‌های مختلف می‌باشد. روستایی و همکاران (۱۳۸۸)، در پژوهشی نقش فعالیت‌های تکتونیکی در

1 Walker
2 Singh, T and Jain
3 K¨asner,A.Gloaguen
4 Bull
5 Keller. E.A. Pinter
6 Delcaillau

شـکل‌گیری و گسـترش مخروط‌افکنه‌های دامنه‌های جنوبی آلاداغ را بررسـی کردند و به این نتیجه رسـیدند که فعالیت‌های تکتونیکی موجب جایگزینی، شکل‌گیری و گسترش مخروط‌افکنه‌ها شده، همچنین سبب تکه‌تکه شدن و محدود شدن این اشکال شده است. مقصودی و عمادالدین (۱۳۹۰)، تحلیل شواهد مورفوتکتونیکی گسل درونه در محدودهٔ حوضهٔ آبریز ششطراز و مخروط افکنه پایین دست آن را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که عامل تکتونیک تأثیر بسـزایی در حوضهٔ آبریز مورد مطالعه دارد و حوضهٔ مورد مطالعه از نظر تکتونیکی فعال است. شـایـان و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیقی تحت عنوان بررسـی نقش نوزمین سـاخت، عوامل مورفوکلیماتیک و آنتروپوژنیک در پیدایش و تحول مخروط افکنه‌ها (مطالعه موردی: مخروط افکنه گرمسـار) به این نتیجه رسیدند که وسـعت حوضـه آبریز حبله رود و فعال بودن وضعیت نوزمین ساختی نقش بسیار مهمی را در شکل‌گیری مخروط افکنه گرمسـار ایفا کرده و می‌کنند. سسـتی و کم مقاومت بودن سـنگ‌های حوضـه نیز موجب می‌شـود تا فرآیند هوازدگی با سرعت بیشتری صورت گیرد و باعث افزایش رسوب می‌شود. در تحقیق دیگر از مقصودی و همکاران (۱۳۹۰)، راندگی گیلانغرب با استفاده از شاخص‌ها و شواهد ژئومورفولوژیک مورد بررسی قرار گرفت، نتایج تحقیق نشان می‌دهد که راندگی گیلانغرب در دورهٔ پلیو-کواترنر فعال بوده و با توجه به وقوع زلزله در امتداد آن، این گسل در عهد حاضـر (هولوسـن) نیز فعال می‌باشـد. مددی و فرجی منفرد (۱۳۹۳) در تحقیق مطالعه عوامل مؤثر در شـکـل‌گیری مخروط‌افکنه‌های گوزل‌دره و کرفس و بررسـی فعالیت‌های تکتونیکی در دامنه‌های جنوبی خرقان (همدان) به این نتیجه رسیدند که در شکل‌گیری مخروط‌افکنه‌های منطقه عامل تکتونیک به عنوان عامل اصلی و سایر عوامل مثل اقلیم، لیتولوژی و غیره در رده بعدی قرار دارند.

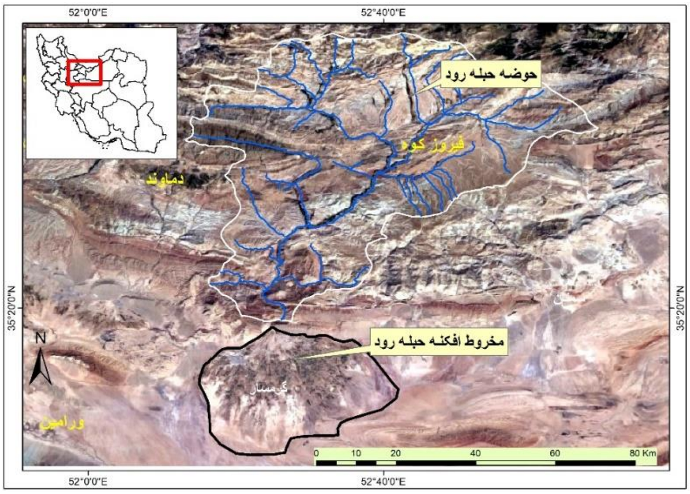
گورابی و پاریزی (۱۳۹٤)، در بررسـی شواهد ژئومورفیک گسل دهشیر به این نتیجه رسیدند که گسل دهشیر با جهش تجمعی ۲۰۰ متری در طی کواترنر و نرخ لغزش تقریبی ۱۱/. در سال سبب افت سطح اساس شبکه زهکشی دامنه‌های جنوب غرب شیرکوه از اوایل کواترنر تاکنون شده و درنتیجه تسریع قهقرایی و کاوش تراورتنی و پیدایش تپه شـاهدها و پیش تپه‌ها در این ناحیه شـده اسـت. حسـین‌زاده و اعظم مابقی (۱۳۹٦) در تحقیق تجزیه و تحلیل تکتونیک – ژئومورفولوژی حوضه رودخانه درونگر به این نتیجه رسیدند که حوضه مربوطه از لحاظ نئوتکتونیک در درجه فعال قرار دارد و بر اسـاس شاخص IAT، این حوضه جزء مناطق فعال از نظر تکتونیکی به حساب می‌آید. ایلـانلو و دزفولی کلونی (۱۳۹۷) در تحقیق ارزیـابی فعالیت‌های تکتونیکی در حوضـه آبریز دالکی با اسـتفاده از شـاخص‌های ژئومورفیک به این نتیجه رسـیدند که در حوضـه دالکی بریدگی نسـبتاً زیاد جبهه کوهستانی موجب سینوسی زیاد آن شده است و شکل حوضه نیمه کشیده و از نظر تقارن توپوگرافی نیمه متقارن است و در کل مجموع داده‌ها و شـواهد زمینی در حوضـه آبریز دالکی نیمه فعال بودن آن را از نظر دینامیک نیروهای درونی زمین نشـان می‌دهد. نگهبان و درتاج (۱۳۹۸) در تحقیق ارزیابی تکتونیک فعال حوضهٔ رودخانه سیروان با استفاده از شاخص‌های

ژئومورفیک به این نتیجه رسـیدند که در بین زیرحوضه‌های مطالعاتی، زیرحوضهٔ شویشه با میانگین کلاس ۲ دارای وضـعیت فعال‌تری نسبت به سایر زیرحوضه‌ها است. به‌طورکلی می‌توان گفت که محیط‌زیست و طبیعت اطراف ما مملو از اشکال و لندفرم‌هایی است که توسط عوامل درونی (تکتونیک) و یا عوامی بیرونی و دینامیکی شکل گرفته‌اند و یا محصول‌های عملکرد هر دو هستند. آگاهی از مسائل و مشکلات مربوط به شکل‌گیری و تداوم مخروط‌افکنه‌ها به دلیل ارتباط داشتن آن با عمران و سازندگی و فعالیت‌های انسانی می‌تواند اهمیت زیادی داشته باشد. مخروط‌افکنه و حوضه‌های منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر عوامل و فرآیندهایی مختلفی دچار تغییر و تحول شده‌اند. هدف از این پژوهش تحلیل و مقایسه فعالیت‌های تکتونیکی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

۲. منطقه مورد مطالعه

۲. ۱. حوضه و مخروط‌افکنه حبله‌رود

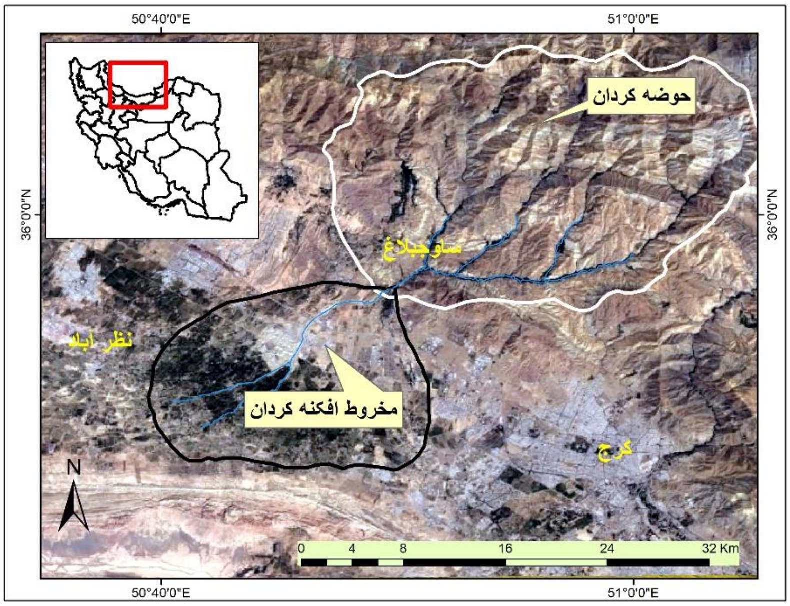
این حوضه در حاشیه جنوبی رشته‌کوه البرز قرار دارد و از لحاظ تقسیمات کشوری در غرب استان سمنان واقع شده است. از طرف غرب به شهرستان‌های دماوند، ورامین و پاکدشت، از طرف جنوب غربی به استان قم و از طرف شرق به استان سمنان محدود است. رودخانه حبله رود در خروج از کوهستان مخروط‌افکنه گرمسار یا حبله رود را تشکیل می‌دهد (شکل ۱). در این مخروط‌افکنه پست‌ترین نقطه با ارتفاع ۷٤٤ متر و بلندترین نقطه با ارتفاع ۹۹٦ متر می‌باشد. حوضه آبخیز این مخروط افکنه حدود ۳۲٤۱ کیلومترمربع مساحت دارد و در خارج استان سمنان واقع شده یعنی از نظر تقسیمات کشوری در استان تهران و شهرستان‌های فیروزکوه و دماوند می‌باشد. کمترین ارتفاع ۱۰۰۰ متر و بیش‌ترین ارتفاع در حوضه ٤۰۳۰ متر می‌باشد.



شکل ۱- محدوده حوضه آبریز و مخروط افکنه حبله رود

۲. ۲. حوضه و مخروط‌افکنه کردان

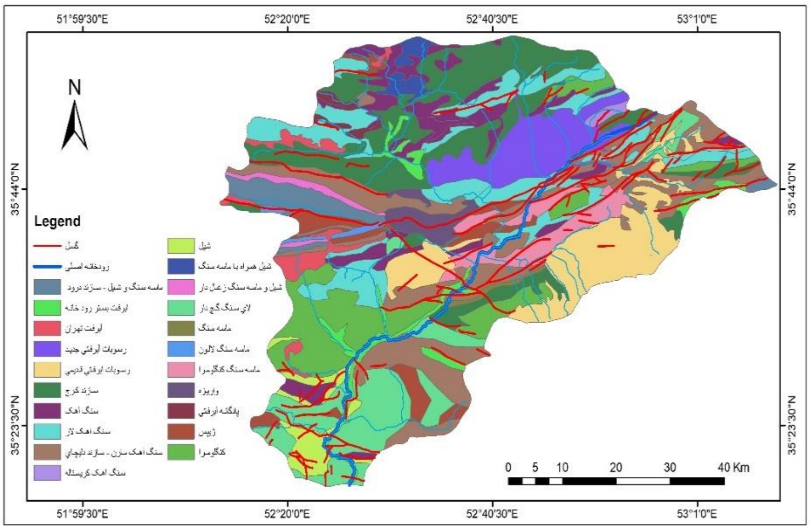
این حوضه نیز در حاشیه جنوبی رشته‌کوه البرز قرار دارد؛ و از لحاظ تقسیمات کشوری در استان البرز واقع شده است. رودخانه کردان باعث ایجاد مخروط‌افکنه کردان با مساحت حدود ۲۱۱ کیلومتر شده است. پست‌ترین نقطه با ارتفاع ۱۱۷۵ متر و بالاترین ارتفاع مخروط افکنه ١٤٥٥ متر اســت. مســاحت حوضــه آبخیز کردان نیز حدود ٤٤٢ کیلومترمربع کمترین ارتفاع ١٤٢٠ متر و بیش‌ترین ارتفاع در حوضه ٤٠٦٠ متر می‌باشد.



شکل ۲- محدوده حوضه آبریز و مخروط افکنه کردان

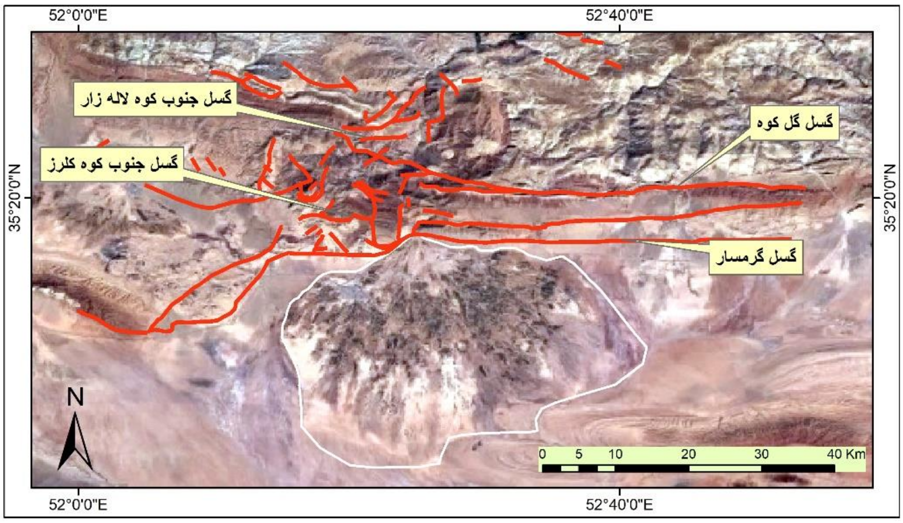
۲. ۳. زمین‌شناسی حوضه حبله رود

نتایج حرکات کوهزایی در رشــته‌کوه البرز موجب گســل خوردگی‌ها، رو راندگی‌های ملائم و مرتفع شدن البرز گردیده اســت. سازندهای ائوسن، الیگوسن، الیگومیوسن، میوسن، پلیوسن و پلیوستوسن که با نام‌های سازند کرج، قرمز فوقانی، قم، قرمز زیرین، هزار دره و آبرفت‌های قدیمی و عهد حاضــر شــناخته می‌شوند، در حوضه حبله رود گســترش دارند (شــکل ۳). در این منطقه گسل‌های زیادی وجود دارد از جمله گسل گرمسار که در رأس مخروط افکنه گرمسار قرار دارد. این گسل در بخش خاوری مرز بین سازند آبرفتی هزار دره و آبرفت‌های دشت را می‌سازد و در زیر مخروط‌افکنه‌های حاصــل از فرسایش هزار دره پنهان است. گسل جنوب کوه‌کلرز که درازای این گسل ۱۱ کیلومتر و راستای آن خاور- باختری است. این گسل موجب راندگی سنگ‌های کربناته سازند قم بر روی سازند قرمز زیرین شده است. سایر گسل‌های منطقه هر کدام باعث تغییراتی در منطقه مورد مطالعه شده است (شکل ٤).



شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی حوضه حبله رود

منبع: نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی



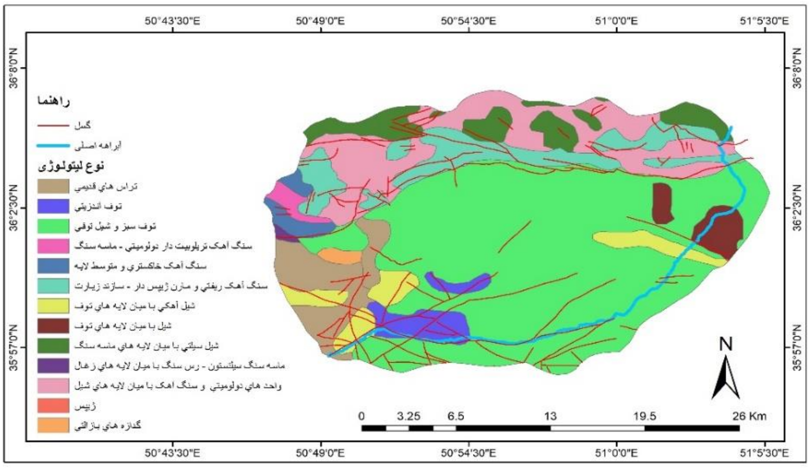
شکل ۲- نقشه موقعیت‌های گسل اطراف مخروط افکنه حبله رود

منبع: نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی

۲. ٤ زمین‌شناسی حوضه کردان

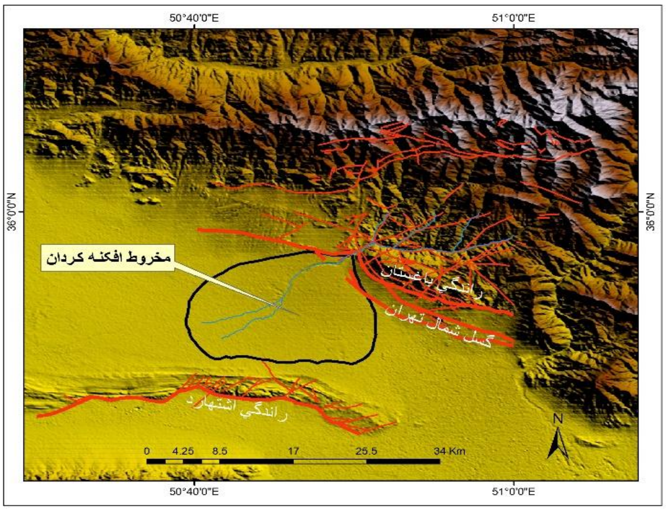
از لحاظ تقسیمات زمین‌شناسی این حوضه همانند حوضه حبله رود جزو البرز مرکزی می‌باشد. رسوبات کربونیفر میانی و فوقانی در این زون (البرز مرکزی) دیده نمی‌شود که دلیل آن پیشروی و پسروی‌هایی بوده که در طول این دوره بر منطقه حاکم بوده است. رسوبات کامبرین– اردویسین و سیلورین منطقه دیده نمی‌شود. رسوبات دونین، پرمین، تریاس، ژوراسیک، کرتاسه و پالیوژن در منطقه موجود می‌باشد که شامل سازند روته، سازند الیکا، سازند

شمشک، سازند دلیچای، آهک لار، سازند تیزکوه و سازند کرج می‌شود (شکل ٥). در نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ کرج که حوضـه و مخروط‌افکنه کردان را شامل می‌شود گسل‌های زیادی وجود دارد. مهم‌ترین گسل‌ها در منطقه از جمله راندگی شـمال تهران که اثر این گسـل در نهشته‌های آبرفتی کنگلومرای تراکم نیافته با میان لایه‌های سیلت و رس، پادگانه‌های آبرفتی و مخروط‌افکنه‌های جوان دیده می‌شـود. همچنین راندگی باغسـتان دومین گسـل منطقه می‌باشـد. این راندگی ادامه گسـل وردیج- پورکان در ورقه تهران اسـت. این راندگی به‌صـورت خمیده در مرز رسوب‌های سازند کرج و نهشته‌های آبرفتی به‌صورت دیوارۀ بارزی دیده می‌شود (شکل ٦).



شکل ۳- نقشه زمین‌شناسی حوضه کردان

منبع: نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی



شکل ٦- نقشه موقعیت‌های گسل اطراف مخروط افکنه کردان

منبع: نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی

۳. مواد و روش‌ها

روش کلی در تحقیق حاضر روش تحلیلی – مقایسه‌ای است. پس از بررسی میدانی مقدماتی و استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱۰۰۰۰۰ / ۱ منطقه مورد مطالعه، نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ گرمسار، تصاویر ماهواره‌ای Landsat، DEM 10m استفاده گردید. از نرم‌افزارهای Arc GIS، Global Mapper13 جهت ترسیم نقشه‌ها و تحلیل آن‌ها استفاده گردید. نقشه‌های توپوگرافی رقومی شده ۲۵۰۰۰: ۱ به عنوان نقشه پایه مورد استفاده قرار گرفت و سپس سایر اطلاعات جهت شناخت مناطق مورد مطالعه وارد نرم‌افزار GIS گردید. در مرحله بعد با توجه به هدف تحقیق برای برآورد میزان فعالیت‌های تکتونیک در دو منطقه مورد مطالعه از شاخص‌های ژئومورفولوژیکی که شامل شاخص ضریب مخروط گرایی FCI، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن Vf، شکل حوضه زهکشی Bs، سینوزیته جبهه کوهستان Smf ، تقارن توپوگرافی معکوس حوضه T، تقارن حوضه زهکشی یا قرینگی حوضه Af، سینوزیته یا پیچ و خم کانال رودخانه S و درنهایت شاخص IAT یا نسبت فعالیت‌های تکتونیکی می‌باشد، استفاده گردید. پس از محاسبه شاخص‌های مورفوتکتونیکی، حوضه‌های مورد مطالعه با استفاده از شاخص Iat نیز مورد ارزیابی قرار گرفت و نهایت وضعیت تکتونیکی حوضه‌ها مشخص شد.

۳. ۱. شاخص ضریب مخروط گرایی (FCI)

بر اساس شکل مخروط‌افکنه می‌توان نوع فعالیت تکتونیکی را در مجاورت جبهه کوهستانی تشخیص داد. ازآنجاکه مخروط‌افکنه‌ها شکل مخروطی دارند، منحنی‌های میزان روی مخروط‌افکنه‌های ساده تقریباً حالت قوس مانند پیدا کرده و بخشی از یک دایره را تشکیل می‌دهند. اولین بار موکرجی[1] (۱۹۷٦) شاخص شکل مخروطی را بیان کرد، بر این اساس مخروط‌افکنه‌ای که شکل آن به مخروط ایده‌آل نزدیک‌تر باشد ضریب مخروطی بالاتری دارد و هرچه مخروط‌افکنه به مخروط ایده‌آل نزدیک یا شبیه آن نباشد، یا به صورت کشیده باشد شاخص مخروطی پایینی دارد. این شاخص با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$\text{FCI} = \frac{AIF}{ATF}$$

AIF: مساحت مخروط ایده‌آل؛ ATF: مساحت واقعی مخروط افکنه می‌باشد. همچنین برای محاسبه AIF نیز از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\text{AIF} = \pi r^2 \times \text{DFA} \div 360$$

در این رابطه:

π: برابر با ۳/۱٤؛ r^2 شعاع مخروط افکنه DFA : زاویه بین دو حاشیه مخروط افکنه در رأس آن محاسبه می‌گردد. این شاخص در منطقه مورد مطالعه محاسبه گردید. همان‌طور که مشاهده می‌کنید در هر دو مخروط افکنه

1 Mukerji

مقادیر به دست آمده کم‌تر از ۱ را نشان می‌دهد. در این مورد می‌توان گفت که هر دو منطقه تحت تأثیر تکتونیک قرار دارد (جدول ۱).

جدول ۱- مقادیر محاسبه شده ضریب مخروط گرایی (FCI) در مخروط‌افکنه حبله‌رود و کردان

مخروط افکنه	DFA	r^2	AIF	ATF	FCI
حبله رود	۹۰	۲۵۶	۲۰۰/۹۶	۳۲۵	۰/۶۱
کردان	۸۶	۱۰۰	۷۵/۰۱	۹۰	۰/۸۳

۳. ۲. شاخص‌های زمین‌ساخت فعال

شاخص‌های متعددی برای بررسی فعالیت‌های زمین‌ساختی وجود دارد در این قسمت شاخص‌هایی که اثر تکتونیک را در مخروط‌افکنه و داخل حوضه‌های را نشان می‌دهد، مورد بررسی قرار گرفته است (جدول ۲).

جدول ۲- شاخص‌های فعالیت‌های تکتونیکی در مناطق مورد مطالعه

شاخص	رابطه مربوط به شاخص	توضیحات	منبع
شاخص تقارن حوضه زهکشی	AF= 100(Ar / At)	Ar= قسمتی از حوضه است که در سمت چپ جریان اصلی قرار دارد، At= مساحت کل حوضه آبریز.	Keller & Pinter, 2001
شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن	VF=2vfw / [(Eld – Esc) + (Erd – Esc)]	VF= نسبت پهنای دره به ارتفاع آن، VFW= پهنای کف دره بر حسب متر، EId= ارتفاع خط تقسیم آب بین دو دره در سمت چپ دره از سطح دریا بر حسب متر، Erd= ارتفاع خط تقسیم آب بین دو دره در سمت راست دره از سطح دریا بر حسب متر، Esc= ارتفاع کف دره از دریای آزاد.	Hamdouni et al 2008
شاخص شیب طولی رودخانه	SL= $(\frac{\Delta H}{\Delta L}) * L$	SL= شیب طولی رودخانه ΔH= اختلاف ارتفاع بین دو نقطهٔ اندازه‌گیری شده ΔL= طول رودخانه بین دو نقطهٔ انتخاب شده و L= طول رودخانه از وسط منطقه اندازه‌گیری شده تا مرتفع‌ترین نقطه رودخانه است.	Keller & pinter 2001
شاخص سینوزیته جبهه کوهستان	Smf = Lmf / Ls	Smf= شاخص پیچ‌وخم جبهۀ کوهستان، Ls= طول خط مستقیم جبهه کوهستان، Lmf= طول جبهه کوهستان در امتداد پای کوه (خط کنیک).	Hamdouni 2008.et al
شاخص نسبت شکل حوضه زهکش	BS=BL / BW	BL = طول حوضه از خط‌الرأس تا نقطۀ خروجی، BW = عرض حوضه در عریض‌ترین قسمت آن	Keller & pinter 2001

شاخص	رابطه مربوط به شاخص	توضیحات	منبع
شاخص تقارن توپوگرافی معکوس حوضه	T= Da / Dd	Da= فاصلهٔ خط میانی حوضه زهکشی تا کمربند فعال مئاندری حوضه (مسیر رود اصلی)، Dd= فاصله خط میانی حوضه و خط تقسیم آب می‌باشد	Radoane & et al, 2003
شاخص سینوزیته یا پیچ‌وخم کانال رودخانه	S= C / V	S= میزان سینوزیته یا پیچ‌وخم رودخانه اصلی، C= طول رودخانه یا جریان، V= طول دره به خط مستقیم.	Keller & Pinter, 1996
شاخص نسبت فعالیت‌های تکتونیکی	$Iat = \frac{s}{n}$	از میانگین شاخص‌های Smf,Bs, Vf, Af, SL به دست می-آید.	Hamdouni 2008.et al

۳. ۳. شاخص فعالیت تکتونیکی (IAT)

به‌منظور به دست آوردن دیدی کلی از مقدار فعالیت‌های تکتونیکی و بررسی تکتونیک فعال بر توسعه و تکامل اشکال حاصل از آن، از شاخصی به نام IAT استفاده می‌شود که از میانگین شاخص‌های نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن Vf، شکل حوضه زهکشی Bs، سینوزیته جبهه کوهستان Smf، تقارن توپوگرافی معکوس حوضه T، تقارن حوضه زهکشی یا قرینگی حوضه Af، سینوزیته یا پیچ وخم کانال رودخانه S، به دست می‌آید (جدول 3). این شاخص توسط همدونی[1] و همکاران (۲۰۰۸)، بر اساس مقدار کمی به دست آمد.

جدول ۳- طبقه‌بندی ارائه شده شاخص IAT توسط همدونی و همکاران (۲۰۰۸)

شاخص‌ها	کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳
Sl	SL >500	$300 \leq SL < 500$	SL <300
Smf	Smf <۱/۱	Smf = ۱/۱ – ۱/۵	Smf >۱/۵
Vf	Vf <۰/۵	Vf =۰/۵ – ۱	Vf >۱
Bs	Bs ≥٤	$3 < BS < 4$	Bs ≤۳
Af	Af -۵۰>۱۵	Af-۵۰= ۷-۱۵	Af-۵۰<۷
S	۱ – ۱/۵	۱/۵ – ۲	بیشتر از ۲
T	۱ – ۰/٦٦	۰/۳۳ – ۰/٦٦	۰ – ۰/۳۳

1 Hamdouni

طبق این فرمول شاخص IAT در چهار کلاس ۱، ۲،۳ و ٤ طبقه‌بندی شده‌اند. در این طبقه‌بندی کلاس ۱ بالاترین فعالیت تکتونیکی، کلاس ۲ با فعالیت تکتونیکی بالا، کلاس ۳ با فعالیت تکتونیکی متوسط و درنهایت کلاس ٤ کمترین فعالیت تکتونیکی را دارا می‌باشد (جدول ٤).

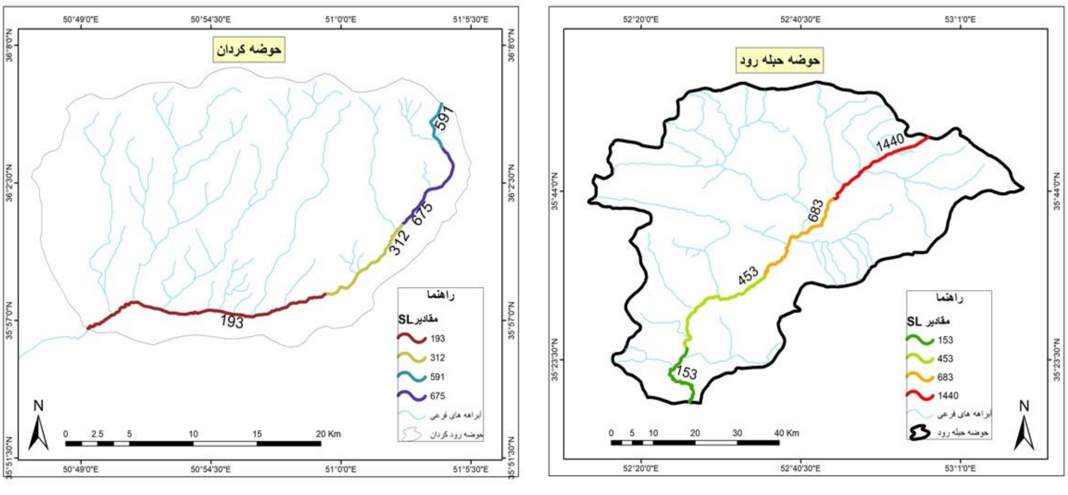
جدول ٤- طبقه‌بندی شاخص IAT (منبع: مینایی،۱۳۹۰)

کلاس ٤	کلاس ۳	کلاس ۲	کلاس ۱	IAT
۲/۵ > میانگین	۲ –۲/۵	۱/۵ –۲	۱ – ۱/۵	میانگین

٤. نتایج و بحث

٤. ۱. شاخص گرادیان طولی رودخانه‌ها (SL)

پس از محاسبه مقادیر شاخص گرادیان طولی رودخانه‌ها در محدوده مورد مطالعه و منطبق کردن موقعیت گسل‌ها و مرزهای زمین‌شناسی می‌توان علت افزایش و کاهش این شاخص در حوضه آبریز را شناسایی نمود. برای محاسبه مقادیر SL، رود اصلی در هر یک از حوضه‌ها به چند قسمت تقسیم گردید (شکل ۷). این شاخص به تغییرات شیب کانال حساس می‌باشد. همچنین مواردی از قبیل جنس زمین‌شناسی و گسل‌های موجود نیز در میزان SL حوضه دخالت دارد. مقادیر SL به سه دسته تقسیم می‌گردد که مقدار بیشتر از ٥۰۰ دارای تکتونیک فعال، بین ۳۰۰ تا ٥۰۰ دارای تکتونیک نسبتاً فعال و کمتر از ۳۰۰ دارای تکتونیک غیر فعال می‌باشد (ده بزرگی[1] و همکاران، ۲۰۱۰).



شکل ۷- محل اندازه‌گیری شاخص SL در حوضه حبله رود و کردان

1 DehBozorgi et al.

پس از بررسی مقدار شاخص SL در حوضه حبله رود و کردان مشخص گردید که هر دو حوضه دارای مقادیر بالای این شاخص می‌باشد و از لحاظ تکتونیک فعال می‌باشد. یکی از عوامل مقدار زیاد SL، وجود گسل‌های متعدد و نوع سازندهای منطقه می‌باشد که باعث تغییرات در مقدار SL گردیده است (جدول ۵).

جدول ۵- مقادیر SL محاسبه شده در حوضه حبله رود حوضه کردان

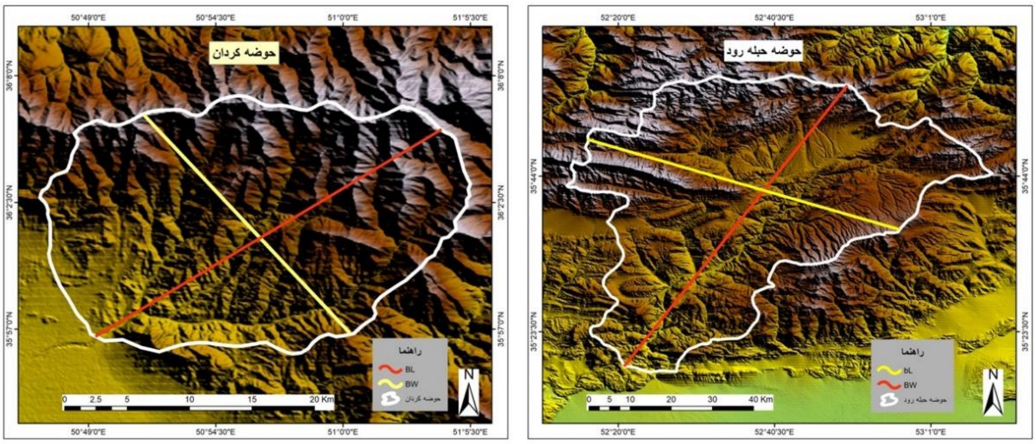
حوضه حبله رود	حوضه کردان
۱۵۳,۲۳	۱۹۳,۰۵
٤۵۳,۲۸	۳۱۲,۵۹
٦۸۳,٦۱	٦۷۵,۸٦
۱٤٤۰,۱۸	۵۹۱,۵۲

٤. ۲. شاخص نسبت شکل حوضه زهکشی (Bs)

نسبت شکل حوضه زهکشی نیز شاخصی است که در ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکی به کار می‌رود. مقدار عدد به دست آمده از شاخص BS در حوضه کردان با مقدار عددی ۱/۳۱ و حوضه حبله‌رود با مقدار ۱/۲۵ می‌باشد (جدول ٦). در اینجا این عدد نشـــان دهنده فعالیت تکتونیکی پایینی در منطقه می‌باشـــد البته در این مورد باید به نتایج دیگر شاخص‌های ژئومورفولوژیکی نیز توجه نمود (شکل ۸).

جدول ٦- مقادیر BS محاسبه شده در حوضه حبله رود حوضه کردان

BS	BW(m)	BL(m)	نام حوضه
۱/۲۵	٦۵۱۸۳/۱۱	۸۱۵٤٤/۹٤	حبله رود
۱/۳۱	۲۱۲۷۳/۵۰	۲۷۹٤۸/٤۳	کردان



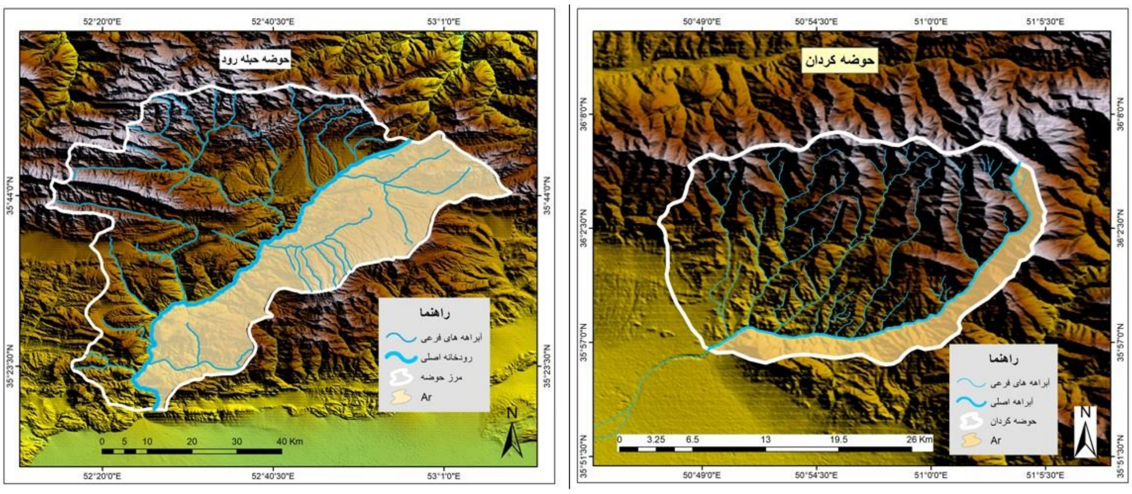
شکل ۸- محل اندازه‌گیری شاخص BS در حوضه حبله رود و کردان

٤. ۳. شاخص تقارن حوضه زهکشی یا شاخص قرینگی حوضه (Af)

مقدار Af در حوضــه حبله‌رود برابر ٦٤/٥ محاسبه شده است. پس از تفریق کردن مقدار عددی ٥٠ (با توجه به فرمول ذکر شـده)، جواب حاصله ١٤/٥ به دست آمده که با توجه به طبقه‌بندی ذکر شده منطقه از نظر تکتونیکی در گروه فعالیت متوسـط تا زیاد قرار دارد. مقدار Af در حوضــه کردان نیز ۸٥/۳۸ محاسبه شده است پس از کم کردن مقدار عددی ٥٠، جواب حاصله ۳٥/۳۸ به دست آمده که با توجه به طبقه‌بندی ذکر شده منطقه از نظر تکتونیکی در گروه فعالیت زیاد قرار دارد (جدول ۷). همان‌طور که ذکر گردید هر چه مقدار Af از ٥٠ فاصله بگیرد نشانگر فعالیت تکتونیکی در منطقه می‌باشـد و عمل بالاآمدگی در سـاحل راسـت را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌نمایید حوضه کردان نسبت به حوضه حبله‌رود از نظر تکتونیکی فعال می‌باشد (شکل ۹).

جدول ۷-مقادیر AF محاسبه شده در حوضه حبله رود و کردان

نام حوضه	Arکیلومترمربع	Atکیلومترمربع	Af	Af - 50
حبله رود	۲۰۹۲	۳۲٤۱	٦٤/٥	١٤/٥
کردان	۳۷۸	٤٤۳	۸٥/۳۸	۳٥/۳۸

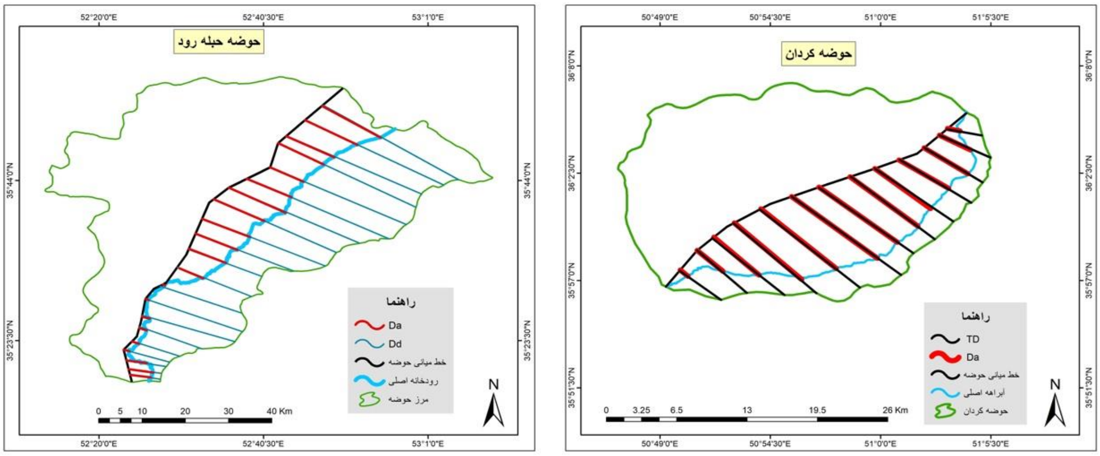


شکل ۹- محل اندازه‌گیری شاخص AF در حوضه حبله رود و کردان

٤. ٤. شاخص تقارن توپوگرافی معکوس حوضه (T)

شـاخص T در حوضــه حبله‌رود، در ۲۱ نقطه و در حوضه کردان، در ۱۳ نقطه محاسبه گردید و سپس میانگین آن‌ها به دسـت آمد (شـکل ۱۰). شـاخص به دست آمده برای حوضه حبله‌رود به‌طور متوسط برابر با ۰/۳٤ و برای حوضــه کردان به‌طور متوسـط برابر با ۰/۷۰ می‌باشـد. با توجه به اینکه حرکات تکتونیکی فعال، از دلایل ایجاد عدم

تقارن در حوضه‌های آبریز است پس می‌توان نتیجه گرفت که حوضه‌های مورد مطالعه از نظر حرکات تکتونیکی در گروه فعال تا بسیار فعال قرار دارد. همان‌طور که گفته شد هرچه مقدار این شاخص به ۱ نزدیک‌تر باشد نشان دهندهٔ عدم تقارن بیشتر است و در حوضه‌های کاملاً متقارن T =0 می‌باشد. در این مورد حوضه کردان با مقدار ۰/۷۰ و حوضه حبله‌رود با مقدار ۰/۳۲ نشانگر این است که حوضه کردان از نظر شاخص T نسبت به حوضه حبله‌رود بیشتر تحت تأثیر فعالیت‌های تکتونیکی قرار دارد.



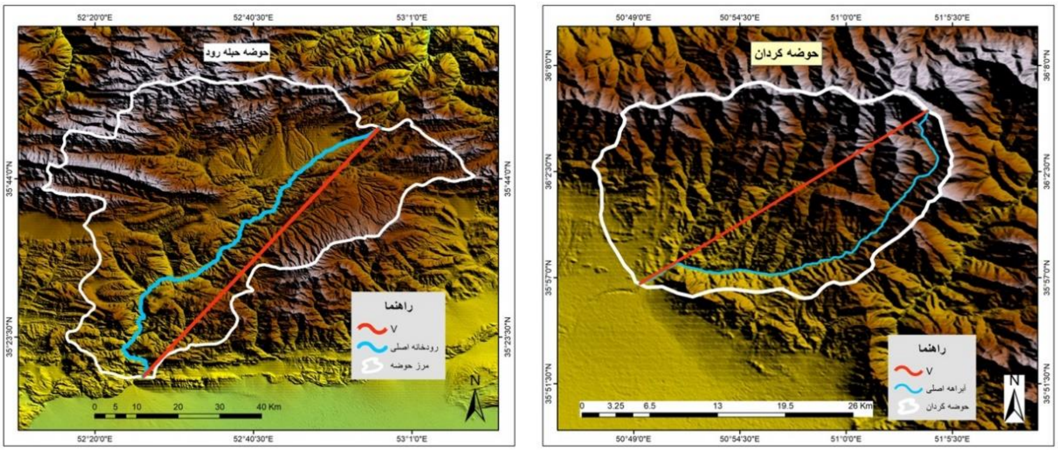
شکل ٤- محل اندازه‌گیری شاخص T در حوضه حبله‌رود و کردان

٤. ٥. شاخص سینوزیته یا پیچ‌وخم کانال رودخانه (S)

برای ارزیابی پیچ‌وخم رودخانه روشی مشابه به روش پیچ‌وخم جبههٔ کوهستان ابداع شده تا به‌وسیلهٔ آن، میزان مئاندری بودن رودها را مشخص نمایند که در این مورد از رابطه S استفاده شد. برای محاسبه مقدار شاخص S در حوضه حبله‌رود، پس از اندازه‌گیری پارامترهای آن عددی برابر با ۱/۳۱ و برای حوضه کردان ۱/۲۹ محاسبه گردید. مقادیر شاخص S در حوضه‌های مورد مطالعه (جدول ۸)، نشان دهنده این است که حوضه‌های مورد مطالعه هنوز به حالت تعادل نرسیده است و نیروهای درونی در تغییرات مورفولوژی آن نقش دارند. همچنین مقادیر به دست آمده از هر دو حوضه نیز تقریباً عددهای نزدیک به هم می‌باشد و هر دو حوضه از نظر تکتونیکی در کلاس ۱ و از لحاظ تکتونیکی بسیار فعال قرار دارد (شکل ۱۱).

جدول ۱- مقادیر محاسبه شده شاخص S در حوضه حبله رود و کردان

نام حوضه	Cمتر	Vمتر	S
حبله رود	۹۹۰۲۳/۷	۷۵۵۱۶/۹۵۸	۱/۳۱
کردان	۳۶۱۰۳/۶	۲۷۹٤۸/٤۳	۱/۲۹



شکل ١١- محل اندازه‌گیری شاخص S در حوضه حبله رود و کردان

٤. ٦. شاخص نسبت عرض دره‌ها به ارتفاع (Vf)

شاخص دیگری که تأثیر تکتونیک را مورد بررسی قرار می‌دهد شاخص Vf می‌باشد. برای محاسبه این شاخص در حوضه حبله‌رود و کردان، ١٣ محل اندازه‌گیری تعیین شد سپس برای تک‌تک محل‌های انتخاب شده مقدار VF محاسبه گردید (شکل ١٢). مقدار به دست آمده از VF برای حوضه کردان ٠/٥١ و برای حوضه حبله رود ٠/٧٩ محاسبه گردید (جدول ٩) و (جدول ١٠). بر اساس طبقه‌بندی ذکر شده در فرمول مربوطه، هر دو منطقه در کلاس ٢ و از لحاظ تکتونیکی متوسط می‌باشد.

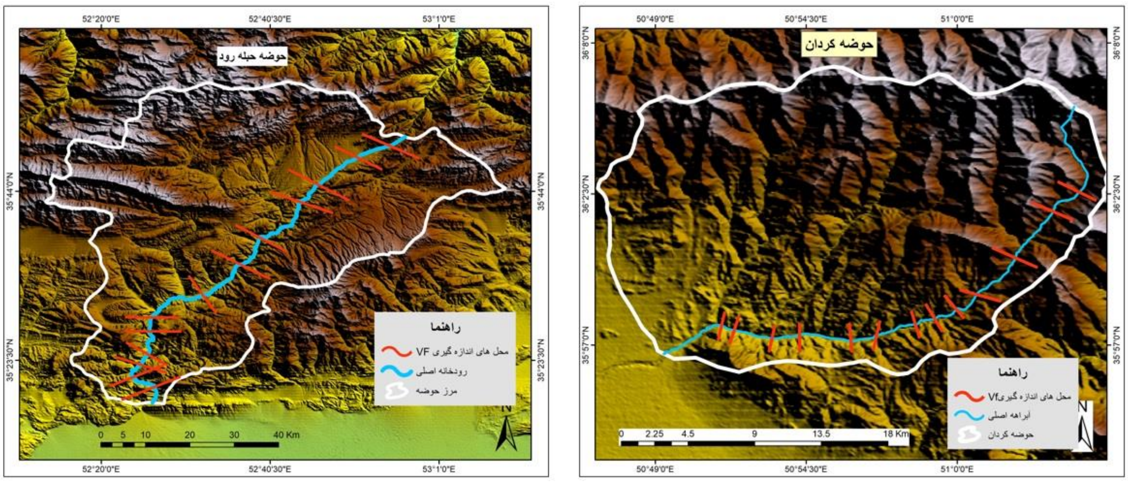
جدول ٩- مقادیر شاخص Vf در حوضه کردان

مقطع	Eld	Esc	Erd	Eld - Esc	Erd - Esc	[(Eld-Esc)+(Erd-Esc)]	Vf
1	١٦١٩	١٤٨١	١٦٠٠	١٣٨	١١٩	٢٥٧	١/٦٠
2	١٦٢٧	١٤٨١	١٨٧٢	١٤٦	٣٩١	٥٣٧	٠/٧٦
3	١٦٣٥	١٥٢٢	١٧٦١	١١٣	٢٣٩	٣٥٢	٠/٨٣
4	١٦٦٠	١٥٦٠	١٧٨٨	١٠٠	٢٢٨	٣٢٨	١/١٦
5	١٨٣٧	١٦٢١	١٨٢٢	٢١٦	٢٠١	٤١٧	١
6	١٩٥٦	١٦٦١	١٨٥٥	٢٩٥	١٩٤	٤٨٩	١/٣٣
7	٢٠٠٠	١٧٢٨	١٩٣٥	٢٧٢	٢٠٧	٤٧٩	٠/٢٦
8	١٩٢٠	١٧٦٣	٢٠٣٤	١٥٧	٢٧١	٤٢٨	٠/٣٢
9	٢١٦٤	١٨٢٠	٢١٠٤	٣٤٤	٢٨٤	٦٢٨	٠/١١
10	٢٢٠٣	١٨٩٤	٢٣٧٢	٣٠٩	٤٧٨	٧٨٧	٠/١٣
11	٢٧٩٥	٢٠٩٥	٢٩٢٥	٧٣٠	٨٦٠	١٥٩٠	٠/٠٥
12	٣٠٩٥	٢٣١٤	٣٢٥٠	٧٨١	٩٣٦	١٧١٧	٠/٠٥

مقطع	Eld	Esc	Erd	Eld - Esc	Erd - Esc	[(Eld-Esc)+(Erd-Esc)]	Vf
13	۲۷۷۲	۲٤۱٥	۳۱۸۲	۳٥۷	۷٦۷	۱۱۲٤	۰/۰۷
							میانگین ۰/٥۱

جدول ۱۰- مقادیر شاخص Vf در حوضه حبله رود

مقطع	2vfw	Eld	Esc	Erd	Eld - Esc	Erd - Esc	[(Eld-Esc)+(Erd-Esc)]	Vf
	۱٦۲	۲۳۱۱	۱۰۷٤	۱٦۸٦	۱۲۳۷	٦۱۲	۱۸٤۹	۰/۰۹
	۳۰۸	۱٦۰۳	۱۱۲۷	۱٤٦۷	٤۷٦	۳٤۰	۸۱٦	۰/۳۸
	۹۳٦	۲۱٥۲	۱۱۷٤	۱٥۷٥	۹۷۸	٤۰۱	۱۳۷۹	۰/٦۸
	۸۰۰	۱۹۳۲	۱۲۱۷	۱٦٥۸	۷۱٥	٤٤۱	۱۱٥٦	۰/٦۹
	۲۰۰	۲۰٦۷	۱۲۸٦	۱٥٥۱	۷۸۱	۲٦٥	۱۰٤٦	۰/۱۹
	٤۷۸	۱۸۳۹	۱۳۲۲	۱۸۹۲	٥۱۷	٥۷۰	۱۰۸۷	۰/٤٤
	۱۲٥۸	۱۷۰٥	۱٤۸۰	۱۷۷۰	۲۲٥	۲۹۰	٥۱٥	۲/٤٤
	۸٦۰	۱۹۰۱	۱٥۹۰	۲۳۱۹	۳۱۱	۷۲۹	۱۰٤۰	۰/۸۳
	۸۰۰	۱۹۷٦	۱٦۷۰	۲۱۱۰	۳۰٦	٤٤۰	۷٤٦	۱/۰۷
	۲٥۲	۲۰۷۰	۱۸۳۰	۲۳۷۲	۲٤۰	٥٤۲	۷۸۲	۰/۳۲
	۳۸۰	۲۰۳۰	۱۹۱٥	۲۱۰۷	۱۱٥	۱۹۲	۳۰۷	۱/۲٤
	۸٦۰	۲۲۳۷	۲۰٥۰	۲٤۷۰	۱۸۷	٤۲۰	٦۰۷	۱/٤۲
	٤۰۰	۲٤۰۰	۲۰٦۰	۲٤٥۰	۳٤۰	۳۹۰	۷۳۰	۰/٥٥
								میانگین ۰/۷۹



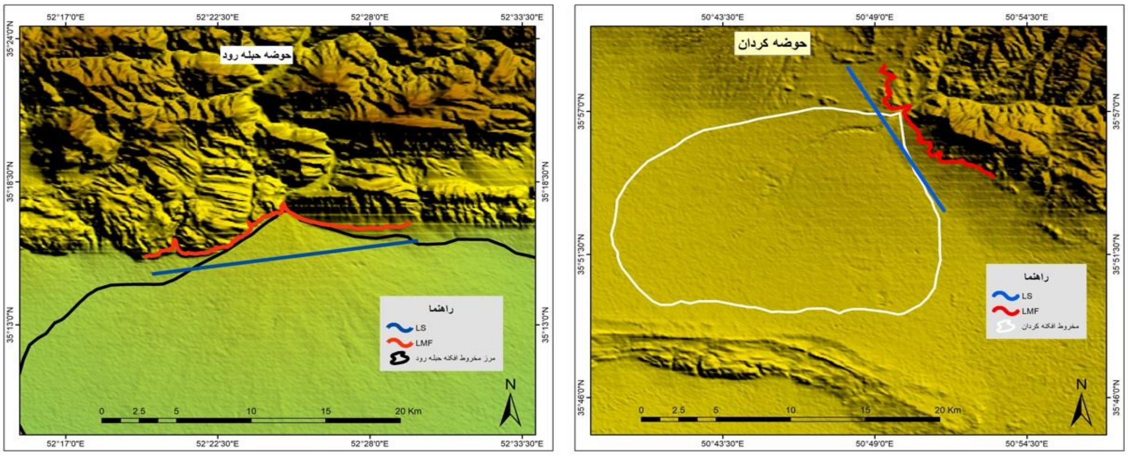
شکل ۱۲- محل اندازه‌گیری شاخص Vf در حوضه حبله رود و کردان

٤. ٧. شاخص پیچ‌وخم جبهۀ کوهستان (Smf)

این شاخص به نام شاخص سینوسی جبهه کوهستان معروف می‌باشد. اندازه‌گیری پیچ‌وخم جبهۀ کوهستان نیز روشی کمی است که می‌توان به کمک آن فعالیت‌های جدید تکتونیکی را در یک منطقه ارزیابی کرد. شاخص Smf برای حوضه حبله‌رود و کردان محاسبه گردید، میزان این شاخص در حوضه حبله‌رود برابر با ۱/۵۰ و برای حوضه کردان برابر با ۱/۲۱ می‌باشد (جدول ۱۱). با توجه به طبقه‌بندی که قبلاً ذکر گردید می‌توان گفت که هر دو حوضه در یک کلاس قرار گرفته است و از نظر تکتونیکی در گروه فعال قرار دارد (شکل ۱۳). طبقه‌بندی دیگری را که بول[1] و مک فادن (۱۹۷۷) انجام داده‌اند. بر اساس این طبقه‌بندی مقادیر بین ۱ تا ۱/٦ در گروه بسیار فعال تکتونیکی، مقادیر بین ۱/٦ تا ۱/۸ با فعالیت متوسط تکتونیکی و مقادیر ۱/۸ تا ۵ مناطق غیر فعال تکتونیکی می‌باشد. با توجه به این طبقه‌بندی حوضه‌های کردان و حبله رود در گروه بسیار فعال تکتونیکی قرار می‌گیرد.

جدول ۱۱- مقادیر محاسبه شده شاخص Smf در حوضه حبله رود و کردان

نام حوضه	Lmf	Ls	Smf
حبله رود	۲۲۲۹۹ متر	۱٤۷۸۲ متر	۱/۵۰
کردان	۱٤۲۸۳ متر	۱۱۷۵۲ متر	۱/۲۱



شکل ۱۳- محل اندازه‌گیری شاخص Smf در حوضه حبله رود و کردان

٤. ۸ شاخص نسبت فعالیت‌های تکتونیکی (IAT)

بر اساس نکات گفته شده مناطق مورد مطالعه از نظر شاخص IAT نیز مورد ارزیابی قرار داده شد. نتایج حاصل از این بررسی نشان می‌دهد که حوضه حبله‌رود در کلاس ۲ و حوضه کردان در کلاس ۱ قرار دارد (جدول ۱۲). بر

1 Bull

اسـاس طبقه‌بندی اشـاره شده در روش تحقیق در مورد شاخص IAT، در کلاس ۱ میزان فعالیت‌های نوزمینساختی بالاترین فعالیت تکتونیکی را شـامل می‌شـود پس حوضـه کردان از لحاظ فعالیت تکتونیکی دارای بالاترین فعالیت می‌باشد و حوضه حبله‌رود که در کلاس ۲ قرار دارد در کلاس فعالیت تکتونیکی بالا قرار می‌گیرد.

جدول ۱۲- مقادیر شاخص Iat در منطقه مورد مطالعه

نام حوضه	T	Sl	Smf	Vf	Bs	Af	S	S / n	IAT
حوضه حبله رود	۲	۲	۲	۲	۱	۲	۱	۱/۷۱	کلاس ۲
حوضه کردان	۱	۱	۲	۲	۱	۱	۱	۱/۳	کلاس ۱

۵. نتیجه‌گیری

واحد مورفوتکتونیکی البرز یک طاقدیس مرکب است که از آذربایجان تا خراسان کشیده شده است. شکل کنونی البرز حاصل آخرین فاز کوهزایی آلپی است که نشان‌دهنده جوان بودن کوه‌های البرز و ادامه فعالیت‌های تکتونیکی در منطقه است. اینکه کدام بخش از البرز از نظر تکتونیکی فعال‌تر است همواره سؤالی بوده که توسط متخصصان مطرح شـده اسـت و نیاز به مطالعه بیشـتر این سـیستم کوهستانی را نشان می‌دهد. شاخص‌های مورفوتکتونیکی از جمله روش‌هایی هسـتند که در سال‌های اخیر برای تعیین میزان فعالیت تکتونیکی مناطق مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. اگرچه استفاده تنها از این شاخص‌ها برای رسیدن به نتایج قاطع و متقن کافی نیست اما می‌تواند در کنار شواهد مورفوتکتونیکی برای تفسیر و تحلیل میزان فعالیت تکتونیکی یک محل مورد استفاده قرار گیرد. به همین دلیل در این مطالعه تأکید بر استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیکی بوده تا بتوان خطوط کلی فعالیت‌های تکتونیکی دو حوضه را به نمایش گذاشـت. درواقع در این مطالعه به توجه به اهداف تحقیق برای بررسی فعالیت‌های تکتونیکی دو حوضه کردان و حبله رود از شـاخص‌های ژئومورفولوژیک استفاده شد. نتایج به دست آمده از این شاخص‌ها حاکی از آن است که مناطق مورد مطالعه از نظر تکتونیکی فعال می‌باشد. مقادیر شاخص Vf در منطقه حبله‌رود ۰/۷۹ و در منطقه کردان ۰/۵۱ محاسبه شده است. بر اساس طبقه‌بندی ذکر شده در فرمول مربوطه، هر دو منطقه در کلاس ۲ و از لحاظ تکتونیکی متوسط می‌باشد. بر اساس شاخص Smf حوضه حبله‌رود برابر با ۱/۵۰ و برای حوضه کردان برابر با ۱/۲۱ محاسبه شده است با توجه به طبقه‌بندی این شاخص اعداد بین ۱ تا ۱/٦ مناطق بسیار فعال از نظر تکتونیک می‌باشد پس مناطق مورد مطالعه از نظر این شاخص نیز فعال شناخته شده است. همچنین مقادیر به دست آمده از شاخص S در هر دو حوضه نیز تقریباً عددهای نزدیک به هم می‌باشد و هر دو حوضه از نظر تکتونیکی در کلاس ۱ و از لحاظ تکتونیکی بسیار فعال قرار دارد. محاسبه شاخص T در حوضه کردان با مقدار ۰/۷۰ و حوضه حبله‌رود با مقدار ۰/۳۲ نشـانگر این اسـت که حوضـه کردان از نظر شـاخص T نسـبت به حوضه حبله‌رود بیشتر تحت تأثیر فعالیت‌های

تکتونیکی قرار دارد. از لحاظ شاخص Af نیز حوضه کردان با مقدار ۸۵/۳۸ نسبت به حوضه حبله‌رود از نظر تکتونیکی در گروه فعالیت زیاد قرار دارد. همچنین مقدار شاخص SL در حوضه حبله رود و کردان نشان می‌دهد که هر دو حوضه دارای مقادیر بالای این شاخص می‌باشد و از لحاظ تکتونیک فعال می‌باشد. شاخص نهایی، شاخص IAT است که می‌توان بر اساس این شاخص نتیجه کلی فعالیت تکتونیکی در یک منطقه را محاسبه نمود. شاخص IAT در چهار کلاس ۱، ۲، ۳ و ٤ طبقه‌بندی شده‌اند. مقدار این شاخص برای منطقه حبله‌رود و کردان محاسبه شد. نتایج حاصل از این شاخص نشان می‌دهد که حوضه کردان در کلاس ۱ و حوضه حبله‌رود در کلاس ۲ قرار دارد. طبق طبقه‌بندی که از شاخص IAT ذکر گردید، می‌توان نتیجه گرفت که فعالیت نوزمینساختی در منطقه کردان نسبت به منطقه حبله‌رود بیشتر می‌باشد. اگرچه این یک نتیجه‌گیری کلی از مطالعه حاضر است اما لزوم توجه به شواهد مورفوتکتونیکی را بیشتر مشخص می‌سازد. همچنین این مطالعه نشان می‌دهد که لازم است چنین مطالعاتی در تمام حوضه‌های جنوبی البرز باید انجام شود و با یکدیگر مورد مقایسه قرار گیرد. مطالعاتی که حاصل به‌کارگیری شاخص‌های مورفوتکتونیکی و بررسی شواهد ژئومورفولوژیکی با استفاده از روش‌های نوین باشد.

کتابنامه

اعظم مابقی، سعیده؛ حسین زاده، سید رضا؛ ۱۳۹٦. تجزیه و تحلیل تکتونیک – ژئومورفولوژی حوضه رودخانه درونگر. *جغرافیا و توسعه*. شماره ٤۹. صص ۱۸۸– ۱٦۳

ایلانلو، مریم؛ دزفولی کلونی، زهرا؛ ۱۳۹۷. ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکی در حوضه آبریز دالکی با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک. *فصل‌نامه جغرافیای طبیعی*. شماره ٤۱. سال یازدهم. صص ۱٤۰ – ۱۲۳

پورکرمانی، محسن، صدیق، حمید؛ ۱۳۸۲. پدیده‌های ژئومورفولوژیکی گسل تبریز. *جغرافیا و توسعه*. پاییز صفحات ٤٤– ۳۷

روستایی، شهرام؛ رجبی، معصومه؛ زمردیان، محمدجعفر؛ مقامی مقیم، غلامرضا؛ ۱۳۸۸. نقش فعالیت‌های تکتونیکی در شکل‌گیری و گسترش مخروط‌افکنه‌های دامنه‌های جنوبی آلاداغ. *جغرافیا و توسعه*. شماره ۱۳. صفحات ۱۳۷–۱٥٦.

شایان، سیاوش؛ شریفی کیا، محمد؛ زارع، غلامرضا؛ ۱۳۹۰. بررسی نقش نوزمین ساخت، عوامل مورفوکلیماتیک و آنتروپوژنیک در پیدایش و تحول مخروط‌افکنه ها (مطالعه موردی: مخروط‌افکنه گرمسار). *جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای*. شماره دوم. صص ٤٤– ۳۷

گورابی، ابوالقاسم و اسماعیل پاریزی؛ ۱۳۹٤. بررسی شواهد ژئومورفیک گسل دهشیر. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*. سال چهارم. شماره ۲. صص ٥۹– ٤٥

مختاری، داوود؛ کرمی، فریبا؛ بیاتی خطیبی، مریم؛ ۱۳۸٦. اشکال مختلف مخروطافکنه‌ای در اطراف توده کوهستانی میشوداغ (شمال غرب ایران) با تأکید بر نقش فعالیت‌های تکتونیکی کواترنر در ایجاد آن‌ها. *نشریه مدرس علوم انسانی*. دوره ۱۱. شماره ۵۳. صص ۲۹۲– ۲۵۷

مددی، عقیل؛ فرجی منفرد، ابوالفضل؛ ۱۳۹۳. مطالعه عوامل مؤثر در شکل‌گیری مخروطافکنه‌های گوزل دره و کرفس و بررسی فعالیت‌های تکتونیکی در دامنه‌های جنوبی خرقان (همدان). *جغرافیا و توسعه*. شماره ۳۷. صص ۲۰٦– ۱۹۵

مقصودی، مهران؛ ۱۳۸۷. بررسی عوامل مؤثر در تحول ژئومورفولوژی مخروط‌های افکنه، مطالعه موردی: مخروطافکنه جاجرود. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*. شماره ٦۵. صفحات ۷۳–۹۲

مقصودی، مهران؛ باقری، سجاد؛ داوودی، محمود؛ ۱۳۹۰. راندگی گیلانغرب با استفاده از شاخص‌ها و شواهد ژئومورفولوژیک. *جغرافیا و توسعه*. شماره ۲۱. صفحات ۱۵۸–۱۳۷

مقصودی، مهران؛ عمادالدین، سمیه؛ ۱۳۹۰. تحلیل شواهد مورفوتکتونیکی گسل درونه در محدودهٔ حوضهٔ آبریز ششطراز و مخروطافکنه پایین‌دست آن. *جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای*. شماره شانزدهم. صص ۱۲۳– ۱۰۸

مقصودی، مهران؛ کامرانی‌دلیر، حمید؛ ۱۳۸۷. ارزیابی نقش تکتونیک فعال در تنظیم کانال رودخانه‌ها مطالعه موردی رودخانه تجن. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*. شماره ٦٦. صص ۵۵– ۳۷

نگهبان، سعید؛ درتاج، دیانا؛ ۱۳۹۸. ارزیابی تکتونیک فعال حوضهٔ رودخانه سیروان با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک. *هیدروژئومورفولوژی*. شماره ۱۹. سال پنجم. صص ۲۰۹– ۱۸۷

Bull, W.B. & McFadden, L., 1977. Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California. In: Dohring, D.O, (ed.), Geomorphology in arid regions publ. In geomorphology, state university of New York, pp.115- 138.

Bull, WB., 2009.Tectonically Active Landscapes. Willy-Blackwell,Oxford.326pp.

Dehbozorgi, M. Pourkermani, M., Arian, M., Matkan, A.A., Motamedi, H. & Hosseiniasl, A., 2010. Quantitative analysis of relative tectonic activity in the Sarvestan area, central Zagros, Iran. Geomorphology, No.121, Vol. (3-4), pp.329-341.

Delcaillau, B., Carozza, J.M., & Laville, E., 2006 Recent Fold Growth and Drainage Development: The January and Chandigarh Anticlines In The Siwalik Foothills, Northwest India. Geomorphology 76, 241-256.

Hamdouni, R.EI., Iriggaray, C., Fernandez, T., Chacon, J., & Keller, E.A., 2008. Assessment of relative tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (Southern Spain). Geomorphology.96.

K¨asner, A., Gloaguen, R., 2009."Neotectonic information from drainage basin geometry in the Tajik depression", IGARSS 2009 conference, PP:II-353- II-356

Keller, E.A., Pinter, N., 1996. Active Tectonic, Prentice Hill, upper saddle River Nj, p 33.

Keller. E.A. Pinter. N., 2001. Active Tectonics, Earthquakes, Uplift and Landscape (2nd Edition), New Jersey, Prentice Hall, 362 pages.

Radoane, M., radoane, N., & dumitriu, d., 2003. Geomorphological evolution of longitudinal river profile in the carpatians. geomorphology. Vol. 50: 293-306.

Singh, T., Jain, V., 2008. Tectonic Constraints On Watershed Development On Frontal Ridges: Mohr and Ridge, NW Himalaya, India. Geomorphology, 102,231-141.

Walker, R. T., Talebian, M., Saiffori, S., Sloan, R.A., Rasheedi, A., MacBean, N., & Ghassemi, A., 2010. Active faulting earthquakes, and restraining bend development near Kerman city in southeastern Iran, Journal of Structural Geology, Volume 32. PP: 1046-1060.